

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. Januar 2004 (08.01.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/002635 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B06B 1/02**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002017

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Juni 2003 (16.06.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 29 112.8 28. Juni 2002 (28.06.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ROHWEDDER,
Arnim** [DE/DE]; Virchowstrasse 19, 90766 Fürth (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

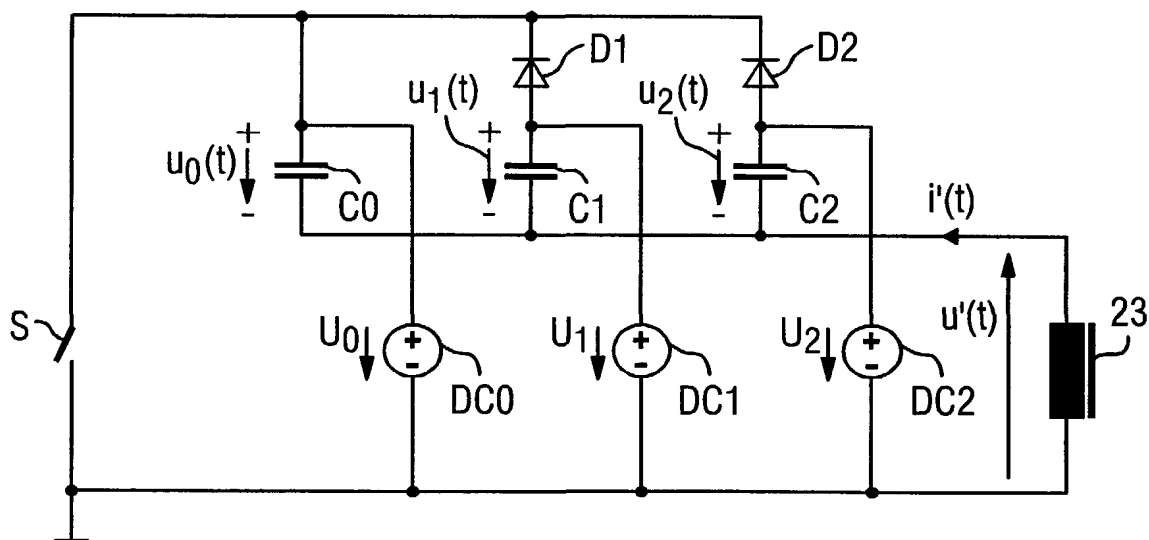
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SWITCHING CIRCUIT FOR AN ELECTROMAGNETIC SOURCE FOR THE GENERATION OF ACOUSTIC WAVES

(54) Bezeichnung: SCHALTKREIS FÜR EINE ELEKTROMAGNETISCHE QUELLE ZUR ERZEUGUNG AKUSTISCHER WELLEN



(57) Abstract: The invention relates to a switching circuit for an electromagnetic source for the generation of acoustic waves. The switching circuit comprises at least one first capacitor (C0, C0'), connected in parallel to at least one serial circuit of a second capacitor (C1, C2, C1', C2') and a first valve (D1, D2, D1', D2').

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Schaltkreis für eine elektromagnetische Quelle zur Erzeugung akustischer Wellen. Der Schaltkreis umfasst wenigstens einen ersten Kondensator (C0, C0'), der parallel zu wenigstens einer Serienschaltung aus einem zweitem Kondensator (C1, C2, C1', C2') und einem ersten Ventil (D1, D2, D1', D2') geschaltet ist.

WO 2004/002635 A1



eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY,

- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Schaltkreis für eine elektromagnetische Quelle zur Erzeugung akustischer Wellen

5

Die Erfindung betrifft einen Schaltkreis für eine elektromagnetische Quelle zur Erzeugung akustischer Wellen.

Ein derartiger Schaltkreis gemäß dem Stand der Technik ist in der Figur 1 dargestellt. Der Schaltkreis umfasst eine Gleichspannungsquelle 1, ein Schaltmittel 2, das in der Regel als Funkenstrecke ausgeführt ist, einen Kondensator C sowie eine Spule L, die Teil einer Schallerzeugungseinheit der elektromagnetischen Quelle ist. Die Schallerzeugungseinheit der elektromagnetischen Quelle weist neben der Spule L einen nicht dargestellten Spulenträger, auf dem die Spule angeordnet ist, und eine ebenfalls nicht dargestellte, isolierend auf der Spule L angeordnete Membran auf. Bei der Entladung des Kondensators C über die Spule L fließt durch die Spule L ein Strom $i(t)$, wodurch ein elektromagnetisches Feld erzeugt wird, das mit der Membran in Wechselwirkung tritt. Die Membran wird dabei in ein akustisches Ausbreitungsmedium abgestoßen, wodurch Quelldruckwellen in das akustische Ausbreitungsmedium als Trägermedium zwischen der Schallerzeugungseinheit der elektromagnetischen Quelle und einem zu beschallenden Objekt ausgesendet werden. Durch nichtlineare Effekte im Trägermedium können aus den akustischen Quelldruckwellen beispielsweise Stoßwellen entstehen. Der Aufbau einer elektromagnetischen Quelle, insbesondere einer elektromagnetischen Stoßwellenquelle, ist beispielsweise in der EP 0 133 665 B1 beschrieben.

Stoßwellen werden beispielsweise zur nichtinvasiven Zerstörung von Konkrementen im Körperinneren eines Patienten, z.B. zur Zerstörung eines Nierensteins, eingesetzt. Die auf den Nierenstein gerichteten Stoßwellen bewirken, dass in dem Nierenstein Risse entstehen. Der Nierenstein bricht schließlich

auseinander und kann auf natürlichem Weg ausgeschieden werden.

Betreibt man den in Figur 1 gezeigten Schaltkreis zur Erzeugung akustischer Wellen, so ergeben sich während des Entladevorgangs des Kondensators C über die Spule L, wozu mittels des Schaltmittels 2 ein Kurzschluss erzeugt wird, die in der Figur 2 exemplarisch eingetragenen Verläufe der Spannung $u(t)$ (Kurve 3) über der Spule L und des Stromes $i(t)$ (Kurve 4) durch die Spule L. Der durch die Spule 4 fließende abklingende Strom $i(t)$, ist, wie bereits erwähnt, ursächlich für die Erzeugung von akustischen Wellen.

Dem Quadrat des Stromes $i(t)$, Kurve 5 in der Figur 2, proportional sind die von der elektromagnetischen Stoßwellenquelle erzeugten akustische Wellen. Aus einem Entladevorgang des Kondensators C gehen demnach eine erste akustische Quelldruckwelle aus dem ersten akustischen Quelldruckpuls (1. Maximum) und weitere akustische Quelldruckwellen aus der abklingenden Folge von positiven akustischen Quelldruckpulsen hervor. Die erste Quelldruckwelle und die nachfolgenden Quelldruckwellen können sich, wie bereits erwähnt, durch nichtlineare Effekte im Trägermedium und eine nichtlineare Fokussierung, welche in der Regel mit einer an sich bekannten akustischen Fokussierungslinse erfolgt, in Stoßwellen mit kurzen aufgestellten Positivanteilen und nachfolgenden langgezogenen sogenannten Unterdruckwannen formen.

Durch die Frequenz des durch die Spule L fließenden Stromes $i(t)$ können Eigenschaften der Stoßwelle, wie z.B. deren Fokussdurchmesser, verändert werden. Mit einer variablen Stromfrequenz und somit einer variablen Frequenz der Stoßwelle lässt sich beispielsweise die Größe des Wirkfokus verändern und je nach Anwendung auf das zu behandelnde Objekt einstellen. Beispielsweise kann bei einem Lithotripter der Wirkfokus entsprechend der jeweiligen Steingröße gewählt werden, so dass die akustische Energie besser für die Desintegration des

Steines ausgenutzt und das umliegende Gewebe weniger belastet wird.

Wegen der relativ hohe Kurzschlussleistungen bis in den 100
5 MW-Bereich, sind eine variable Kapazität des Kondensators C und eine variable Induktivität der Spule L kostspielig. Um die Stoßwelle zu variieren, wird daher im Allgemeinen nur die Ladespannung des Kondensators C variiert, wodurch sich die Maxima des Stromes $i(t)$ durch die Spule L und der Spannung
10 $u(t)$ an der Spule L ändern. Die Kurvenformen des Stromes $i(t)$ und der Spannung $u(t)$ bleiben jedoch im Wesentlichen gleich.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Schaltkreis der eingangs genannten Art derart auszubilden, dass die
15 Erzeugung von akustischen Wellen verbessert wird.

Nach der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch einen Schaltkreis für eine elektromagnetische Quelle zur Erzeugung akustischer Wellen, dadurch gekennzeichnet, dass der Schalt-
20 kreis wenigstens einen ersten Kondensator umfasst, der parallel zu wenigstens einer Serienschaltung aus einem zweiten Kondensator und einem ersten Ventil geschaltet ist.

Das erste Ventil, das gemäß einer bevorzugten Ausführungsform
25 der Erfindung eine erste Diode oder ein erstes Diodenmodul ist, ist dabei derart geschaltet, dass es nach dem Aufladen beider Kondensatoren sperrt, also Ausgleichsvorgänge zwischen beiden Kondensatoren verhindert. Dadurch kann, wie es nach einer bevorzugten Variante der Erfindung vorgesehen ist, der
30 erste Kondensator vor der Entladung beider Kondensatoren mit einer größeren Ladespannung als der zweite Kondensator aufgeladen werden. Für die Erzeugung der akustischen Welle durch den Stromkreis wird zuerst mit dem Entladen des ersten Kondensators, also mit dem Kondensator mit der größeren Lade-
35 spannung, über die Spule begonnen. Sobald die Ladespannung des ersten Kondensators wenigstens im Wesentlichen gleich der Ladespannung des zweiten Kondensators ist, wird das erste

Ventil leitend, so dass sich beide Kondensatoren entladen. Folglich hat der Schaltkreis die Kapazität des ersten Kondensators, bevor der zweite Kondensator beginnt, sich zu entladen. Während sich beide Kondensatoren entladen, hat der

5 Schaltkreis eine Kapazität, die der Summe der Kapazitäten beider Kondensatoren entspricht. Durch eine Variation der Ladespannungen beider Kondensatoren kann somit die Kurvenform des Stromes durch die Spule verändert werden, wodurch wiederum die Eigenschaften der Stoßwelle variiert werden können.

10 Die Kurvenform des Entladestromes kann weiter variiert werden, wenn der Schaltkreis mehrere in Serie geschaltete Ventil/Kondensatorpaare aufweist, die parallel zum ersten Kondensator geschaltet und mit unterschiedlichen Ladespannungen geladen sind.

15

Das erste Diodenmodul umfasst im Übrigen beispielsweise eine Reihen- und/oder Parallelschaltung mehrerer Dioden.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung kann vor der Entladung der erste Kondensator mit einer ersten Gleichspannungsquelle und der zweite Kondensator mit einer zweiten Gleichspannungsquelle aufgeladen werden. Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es auch vorgesehen, den ersten Kondensator und den zweiten Kondensator mit genau einer Gleichspannungsquelle aufzuladen und die Gleichspannungsquelle von dem zweiten Kondensator mit einem Schaltmittel wegzuschalten, sobald der zweite Kondensator seine Ladespannung erreicht hat. Das Schaltmittel umfasst gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wenigstens ein Halbleiterelement.

30

Nach einer besonders bevorzugten Variante der Erfindung ist vorgesehen, dass der Parallelschaltung aus zweitem Kondensator/erstem Ventil und erstem Kondensator ein zweites Ventil parallel geschaltet ist. Das zweite Ventil ist gemäß einer

35 Ausführungsform der Erfindung eine zweite Diode oder ein zweites Diodenmodul. Durch die Parallelschaltung des zweiten Ventils zu den Kondensatoren erreicht man bei der Entladung

der Kondensatoren eine zeitliche Verlängerung des ersten Quelldruckpulses. Außerdem werden die nachfolgenden abklingenden Quelldruckpulse abhängig von der Impedanz des zweiten Ventils stark bedämpft. Die Dämpfung kann dabei so groß sein, dass die nachfolgenden Quelldruckpulse gänzlich verschwinden. Durch die zeitliche Verlängerung des ersten Quelldruckpulses wird eine stärkere erste akustische Welle, beispielsweise bei der Erzeugung von Stoßwellen, also eine stärkere erste Stoßwelle, erzeugt, wodurch sich für die Zertrümmerung von Konkrementen eine Verstärkung der Volumen desintegrierenden Wirkung ergibt. Dadurch, dass zudem nur noch wenige schwache oder überhaupt keine dem ersten Quelldruckpuls nachfolgende Quelldruckpulse auftreten, wird auch die gewebeschädigende Kavitation, verursacht durch die auf die erste Stoßwelle folgenden aus den nachfolgenden Quelldruckpulsen hervorgegangenen Stoßwellen vermindert. Dadurch erhöht sich durch die durch das zweite Ventil bedingte verringerte Umpolspannung die Lebensdauer des ersten und des zweiten Kondensators. Zudem werden bei einer derartigen Erzeugung von Stoßwellen weniger hörbare Schallwellen erzeugt, so dass sich eine Lärmreduzierung ergibt. Maßgeblich bei der Erzeugung von hörbaren Schallwellen bei der Erzeugung von Stoßwellen ist nämlich die Gesamtfläche unter der Kurve des Quadrates des Stromes. Diese wird im Falle der vorliegenden Erfindung insgesamt durch den Wegfall des normalerweise auf den ersten Quelldruckpuls folgenden Quelldruckpulses verringert.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den beigefügten schematischen Zeichnungen exemplarisch dargestellt. Es zeigen:

- Figur 1 einen bekannten Schaltkreis zur Erzeugung akustischer Wellen,
- Figur 2 Den Verlauf der Spannung $u(t)$, des Stromes $i(t)$ und des Quadrates des Stromes $i^2(t)$ über der

Zeit während der Entladung des Kondensators des Schaltkreises aus Figur 1,

Figur 3 eine elektromagnetische Stoßwellenquelle,

5

Figur 4 einen erfindungsgemäßen Schaltkreis zur Erzeugung akustischer Wellen,

Figur 5 den Verlauf des Stromes $i'(t)$ über der Zeit während der Entladung eines erfindungsgemäßen Schaltkreises und

10

Figur 6 bis 8 weitere erfindungsgemäße Schaltkreise.

15 Die Figur 3 zeigt in Form einer teils geschnittenen und teils blockschaltartigen Darstellung eine elektromagnetische Stoßwellenquelle in Form eines Therapiekopfes 10, der im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels Bestandteil eines nicht näher dargestellten Lithotripters ist. Der Therapiekopf 10
20 weist eine mit 11 bezeichnete, an sich bekannte Schallerzeugungseinheit auf, welche nach dem elektromagnetischen Prinzip arbeitet. Die Schallerzeugungseinheit 11 weist in in der Figur 3 nicht dargestellter Weise einen Spulenträger, eine auf diesem angeordnete Flachspule und eine gegenüber der Flachspule isolierte metallische Membran auf. Zur Erzeugung von
25 Stoßwellen wird die Membran durch elektromagnetische Wechselwirkung mit der Flachspule in ein mit 12 bezeichnetes akustisches Ausbreitungsmedium abgestoßen, wodurch eine Quelldruckwelle in das akustische Ausbreitungsmedium 12 ausgesendet
30 wird. Die Quelldruckwelle der akustischen Linse 13 wird auf eine Fokuszone F fokussiert, wobei sich die Quelldruckwelle während ihrer Ausbreitung in dem akustischen Ausbreitungsmedium 12 und nach Einleitung in den Körper eines Patienten P zu einer Stoßwelle aufsteilt. Im Falle des in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiels dient die Stoßwelle zur Zertrümmerung eines Steines ST in der Niere N des Patienten P.
35

Dem Therapiekopf 10 ist eine Bedien- und Versorgungseinheit 14 zugeordnet, die bis auf die Flachspule den in der Figur 4 gezeigten erfindungsgemäßen Schaltkreis zur Erzeugung von akustischen Wellen umfasst. Die Bedien- und Versorgungseinheit 14 ist dabei über eine in der Figur 3 gezeigte Verbindungsleitung 15 mit der die Flachspule umfassenden Schallerzeugungseinheit 11 elektrisch verbunden.

Der in der Figur 4 gezeigte erfindungsgemäße Schaltkreis für eine elektromagnetische Stoßwellenquelle zur Erzeugung akustischer Wellen weist Gleichspannungsquellen DC0, DC1 und DC2, ein Schaltmittel S, Kondensatoren C0, C1 und C2 und die Flachspule 23 der elektromagnetischen Schallerzeugungseinheit 11 des Therapiekopfes 10 auf. Mit dem Kondensator C1 ist im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels eine Diode D1 und mit dem Kondensator C2 ist eine Diode D2 in Serie geschaltet. Die Serienschaltungen aus Kondensator C1/Diode D1 und Kondensator C2/Diode D2 sind außerdem parallel zum Kondensator C0 geschaltet.

Für eine Aufladung der Kondensatoren C0 bis C2 ist das Schaltmittel S geöffnet. Der Kondensator C0 wird deshalb mit der Gleichspannung U_0 der Gleichspannungsquelle DC0 und der in der Figur 4 dargestellten Polarität aufgeladen. Der Kondensator C1 wird mit der Gleichspannung U_1 der Gleichspannungsquelle DC1 und der in der Figur 4 dargestellten Polarität aufgeladen. Die Spannung U_1 der Gleichspannungsquelle DC1 ist im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels kleiner als die Spannung U_0 der Gleichspannungsquelle DC0. Die Diode D1 ist derart geschaltet, dass sie sperrt, solange der Kondensator C0 mit einer größeren Spannung $u_0(t)$ aufgeladen ist als der Kondensator C1. Die Diode D1 verhindert also einen Ausgleichsvorgang zwischen den mit den Spannungen U_0 bzw. U_1 aufgeladenen Kondensatoren C0 und C1, weshalb der Kondensator C0 am Ende des Aufladens mit der höheren Spannung U_0 aufgeladen ist als der Kondensator C1, der am Ende des Aufladens mit der Spannung U_1 aufgeladen ist. Der Kondensator C2 wird des

Weiteren mit der Gleichspannung U_2 der Gleichspannungsquelle DC2 und der in der Figur 4 dargestellten Polarität aufgeladen. Die Gleichspannung U_2 ist im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels kleiner als die Gleichspannung U_1 . Die Diode D2 ist ebenfalls derart geschaltet, dass sie sperrt, solange die Spannung $u_2(t)$ des Kondensators C2 kleiner als die Spannung $u_0(t)$ des Kondensators C0 ist. Somit ist es möglich, die Kondensatoren C0 bis C2 mit unterschiedlich großen Spannungen aufzuladen.

Für das Erzeugen der Stoßwellen wird das Schaltmittel S geschlossen. Dadurch beginnt der Kondensator C0 sich über die Spule 23 zu entladen, wodurch die Spannung $u_0(t)$ des Kondensators C0 sinkt und ein Strom $i'(t)$ durch die Flachspule 23 fließt. Die an der Flachspule 23 anliegende Spannung ist mit $u'(t)$ bezeichnet. Erreicht die Spannung $u_0(t)$ des Kondensators C0 den Wert der Spannung U_1 des geladenen Kondensators C1, wird die Diode D1 leitend und der Strom $i'(t)$ durch die Flachspule 23 wird von beiden Kondensatoren C0 und C1 gespeist. Erreichen die Spannung $u_0(t)$ des Kondensators C0 und die Spannung $u_1(t)$ des Kondensators C1 die Spannung U_2 des aufgeladenen Kondensators C2, wird die Diode D2 leitend und der Strom $i'(t)$ durch die Flachspule 23 wird von den drei Kondensatoren C0 bis C2 gespeist. Somit stellt sich eine zeitlich veränderbare Kapazität des Schaltkreises ein, wodurch die Kurvenform des durch die Flachspule 23 fließenden Stromes $i'(t)$ beeinflussbar ist. Durch in der Figur 4 nicht dargestellte weitere, parallel zum Kondensator C0 geschaltete Kondensator/Dioden Kombinationen, deren Kondensatoren mit unterschiedlich hohen Spannungen kleiner als die Spannung U_0 der Gleichspannungsquelle DC0 aufgeladen sind, kann die Kurvenform des Stromes $i'(t)$ durch die Flachspule 23 während des Entladens weiter beeinflusst werden.

Die Figur 5 zeigt als Beispiel Verläufe von Strömen $i'(t)$ durch die Flachspule 23 während des Entladens, wenn der in der Figur 4 gezeigte Schaltkreis nur die Kondensatoren C0 und

C1 umfasst. Durch eine geeignete Wahl der Spannungen U_0 und U_1 der Gleichspannungsquellen DC0 und DC1 haben die Strommaxima gleiche Werte.

5 Die Figur 6 zeigt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schaltkreises. Der in der Figur 6 dargestellte Schaltkreis umfasst im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels Kondensatoren C0' bis C2', Schaltmittel S', S1 und S2, Dioden D1' und D2', eine Gleichspannungsquelle DC0' und die
10 Flachspule 23.

Die Diode D1' und der Kondensator C1' sowie die Diode D2' und der Kondensator C2' sind in Serie geschaltet. Die Serienschaltungen aus Kondensator C1'/Diode D1' und Kondensator
15 C2'/Diode D2' sind parallel zum Kondensator C0' geschaltet. Die Dioden D1' und D2' sind derart gepolt, dass sie sperren, solange der Kondensator C0' mit einer Spannung $u_0'(t)$ gemäß der in der Figur 6 eingezeichneten Polarität geladen ist, die größer als die Spannung $u_1'(t)$ des Kondensators C1' bzw. der
20 Spannung $u_2'(t)$ des Kondensators C2' gemäß der eingezeichneten Polarität ist.

Während des Aufladens der Kondensatoren C0' bis C2' ist das Schaltmittel S' geöffnet. Zu Beginn des Aufladens sind die
25 Schalter S1 und S2 geschlossen. Da die Kondensatoren C1' und C2' mit Ladespannungen U_1' und U_2' geladen werden sollen, die kleiner als die Spannung U_0' der Gleichspannungsquelle DC0' sind, werden die Schalter S1 und S2 dann geöffnet, wenn die Kondensatoren C1' und C2' mit den gewünschten Spannungen U_1'
30 und U_2' aufgeladen sind. Da die Kondensatoren im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels mit relativ geringen Strömen kleiner als 1 Ampere aufgeladen werden, sind Schaltgenauigkeiten der Schalter S1 und S2 im Millisekundenbereich ausreichend, um die Kondensatoren C1' und C2' mit ausreichender
35 Genauigkeit aufzuladen. Die Spannungen $u_1'(t)$ und $u_2'(t)$ der Kondensatoren C1' und C2' werden während des Aufladens mit in der Figur 6 nicht dargestellten Messgeräten überwacht.

Am Ende des Aufladens sind daher die Schaltmittel S1 und S2 geöffnet, der Kondensator C0' mit der Spannung U_0' der Gleichspannungsquelle DC0' und die Kondensatoren C1' und C2' mit den Spannungen U_1' und U_2' geladen. Außerdem ist im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels die Spannung U_2' des aufgeladenen Kondensators C2 kleiner als die Spannung U_1' des aufgeladenen Kondensators C1.

Für die Entladung der Kondensatoren C0' bis C2' wird das Schaltmittel S' geschlossen und der Kondensator C0' beginnt sich über die Flachspule 23 zu entladen, wodurch ein Strom $i'(t)$ durch die Flachspule 23 fließt. Solange die Spannung $u_0'(t)$ des Kondensators C0' größer als die Spannung U_1' des aufgeladenen Kondensators C1' ist, sperren die Dioden D1' und D2'. Erreicht die Spannung $u_0'(t)$ des Kondensators C0' den Wert der Spannung U_1' des aufgeladenen Kondensators C1', wird die Diode D1' leitend und der Strom $i'(t)$ durch die Flachspule 23 wird von den Kondensatoren C0' und C1' gespeist. Erreichen die Spannungen $u_0'(t)$ und $u_1'(t)$ der Kondensatoren C0' und C1' den Wert der Spannung U_2' des aufgeladenen Kondensators C2', wird auch die Diode D2' leitend und der Strom $i'(t)$ durch die Flachspule 23 wird von den Kondensatoren C0' bis C2' gespeist.

Die Figur 7 zeigt einen weiteren erfindungsgemäßen Schaltkreis, der im Vergleich zu dem in der Figur 4 gezeigten Schaltkreis eine zusätzliche Diode D3 aufweist. Die Diode D3 ist parallel und in Sperrrichtung zur Ladespannung U_0 des Kondensators C0 geschaltet.

Die Figur 8 zeigt noch einen weiteren erfindungsgemäßen Schaltkreis, der im Vergleich zu dem in der Figur 6 gezeigten Schaltkreis eine zusätzliche Diode D3' aufweist. Die Diode D3' ist parallel und in Sperrrichtung zur Ladespannung U'_0 des Kondensators C0' geschaltet.

Anstelle der Dioden D1 bis D3 und D1' bis D3' können insbesondere auch Diodenmodule aufweisend eine Reihenschaltung und/oder Parallelschaltung mehrerer Dioden eingesetzt werden. Die Schaltmittel S, S', S1 und S2 können insbesondere eine
5 Reihenschaltung von an sich bekannten Thyristoren sein, die z.B. von der Firma BEHLKE ELECTRONIC GmbH, Am Auerberg 4, 61476 Kronberg in ihrem Katalog "Fast High Voltage Solid-State Switches" vom Juni 2001 angeboten werden.

Patentansprüche

1. Schaltkreis für eine elektromagnetische Quelle zur Erzeugung akustischer Wellen,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
der Schaltkreis wenigstens einen ersten Kondensator (C0, C0') umfasst, der parallel zu wenigstens einer Serienschaltung aus einem zweiten Kondensator (C1, C2, C1', C2') und einem ersten Ventil (D1, D2, D1', D2') geschaltet ist.

10

2. Schaltkreis nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
das erste Ventil eine erste Diode (D1, D2, D1', D2') oder ein erstes Diodenmodul ist.

15

3. Schaltkreis nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
vor einer Entladung des ersten Kondensators (C0, C0') und des zweiten Kondensators (C1, C2, C1', C2') der erste Kondensator
20 (C0, C0') mit einer größeren Ladespannung (U0, U0') als der
zweite Kondensator (C1, C2, C1', C2') aufladbar ist.

4. Schaltkreis nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
25 vor der Entladung der erste Kondensator (C0) mit einer ersten Gleichspannungsquelle (DC0) und der zweite Kondensator (C1, C2) mit einer zweiten Gleichspannungsquelle (DC1, DC2) aufladbar sind.

5. Schaltkreis nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
der erste Kondensator (C0') und der zweite Kondensator (C1', C2') mit genau einer Gleichspannungsquelle (DC) aufladbar sind und die Gleichspannungsquelle (DC) von dem zweiten Kondensator mit einem Schaltmittel (S1, S2) wegschaltbar ist,
35 sobald der zweite Kondensator seine Ladespannung erreicht hat.

6. Schaltkreis nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Schaltmittel (S1, S2) wenigstens ein Halbleiterelement
5 umfasst.

7. Schaltkreis nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Parallelschaltung aus zweitem Kondensator (C1, C2, C1',
10 C2')/erstem Ventil (D1, D2, D1', D2') und erstem Kondensator
(C0, C0') ein zweites Ventil (D3, D3') parallel geschaltet
ist.

8. Schaltkreis nach Anspruch 7,
15 dadurch gekennzeichnet, dass
das zweite Ventil eine zweite Diode (D3, D3') oder ein zwei-
tes Diodenmodul ist.

1/5

FIG 1

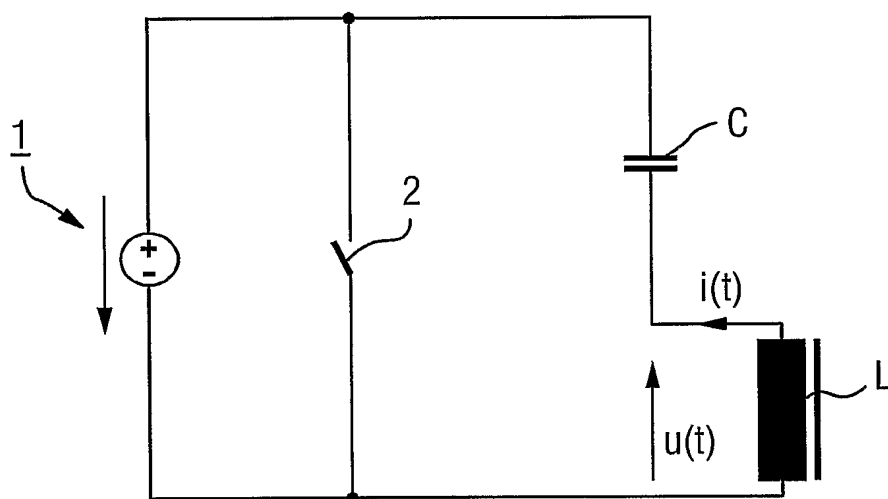


FIG 2

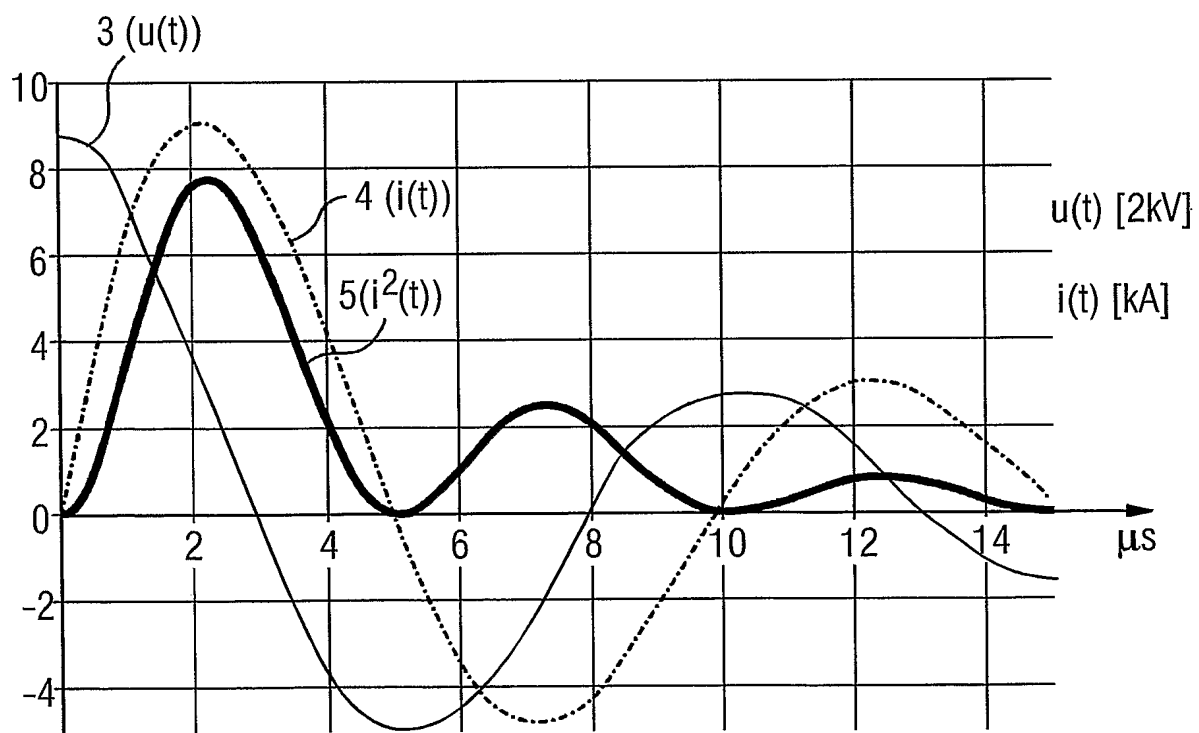
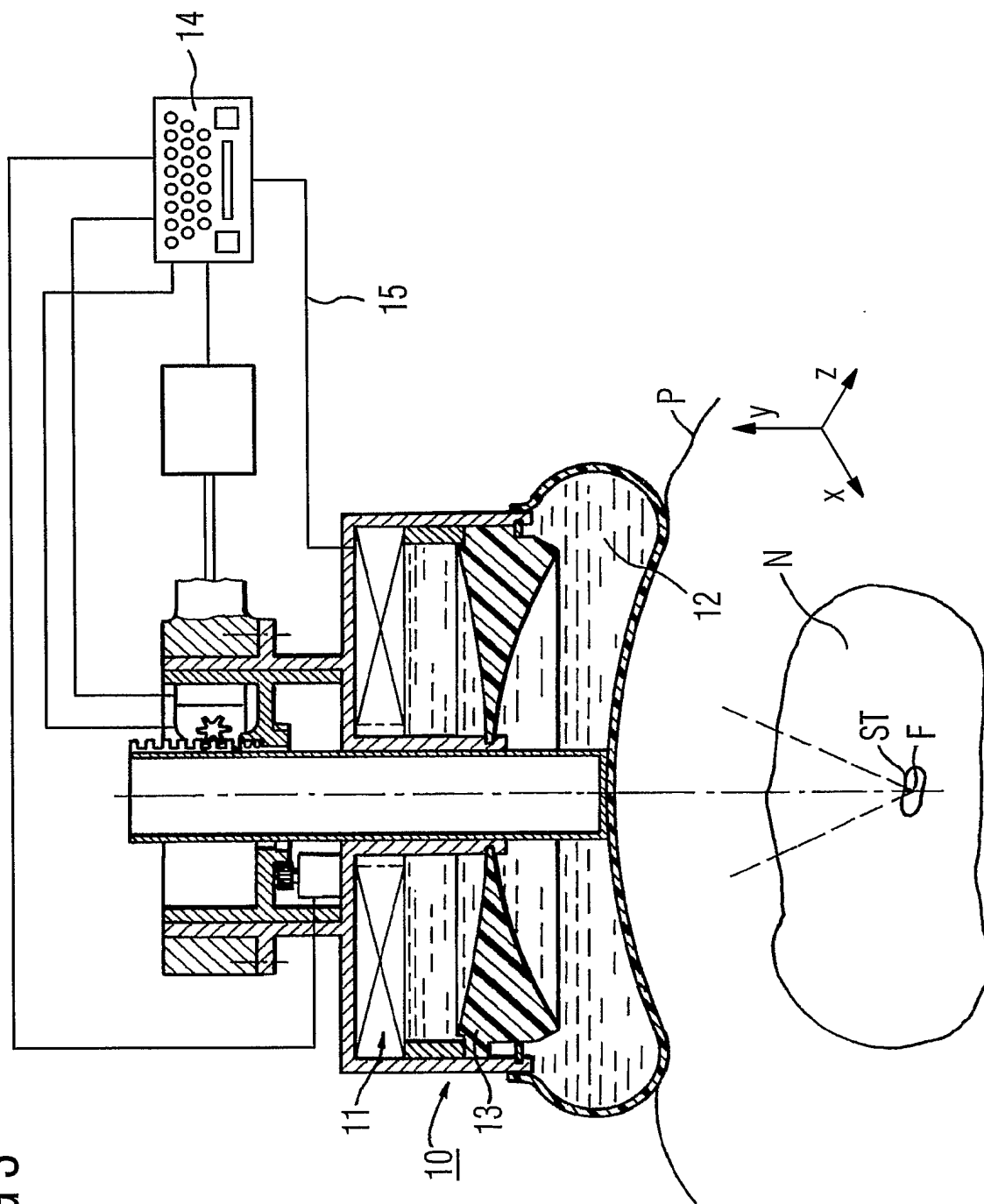


FIG 3



3/5

FIG 4

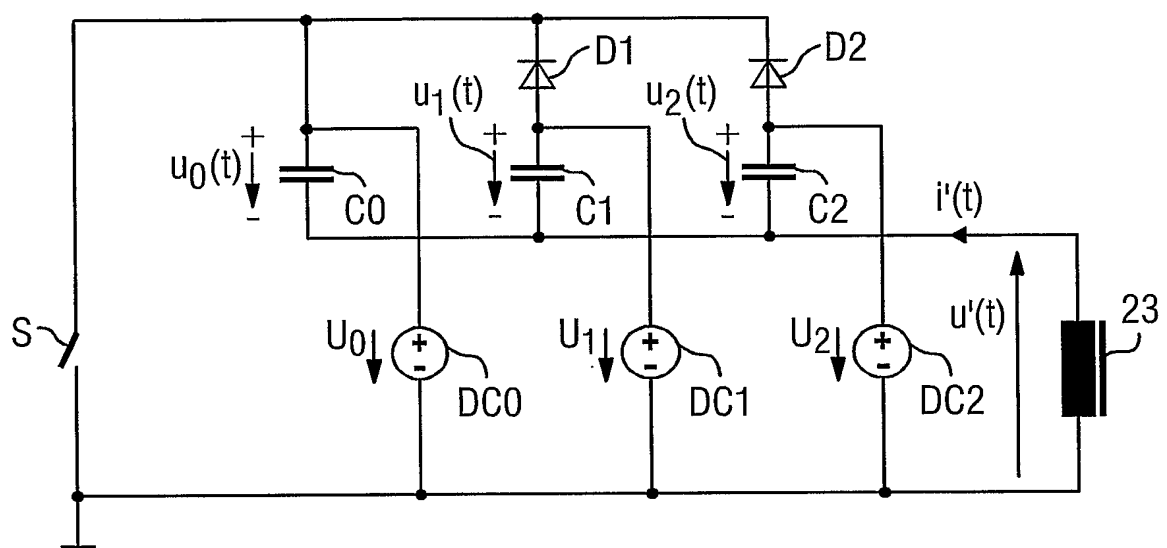
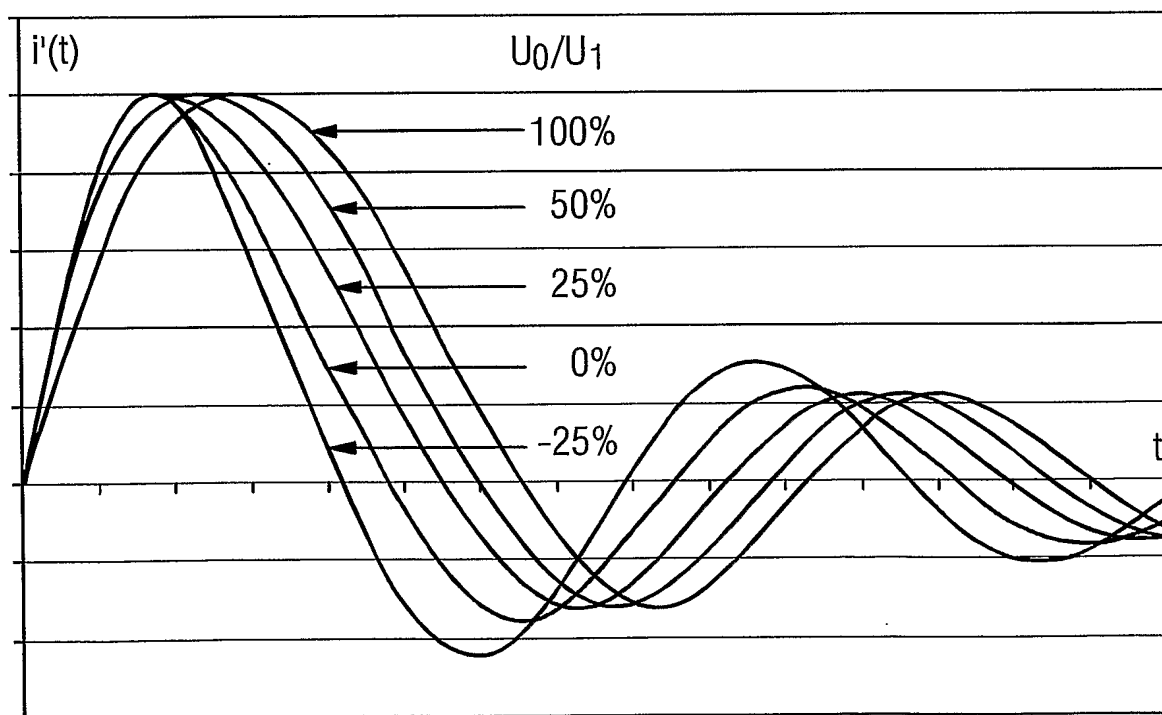


FIG 5



4/5

FIG 6

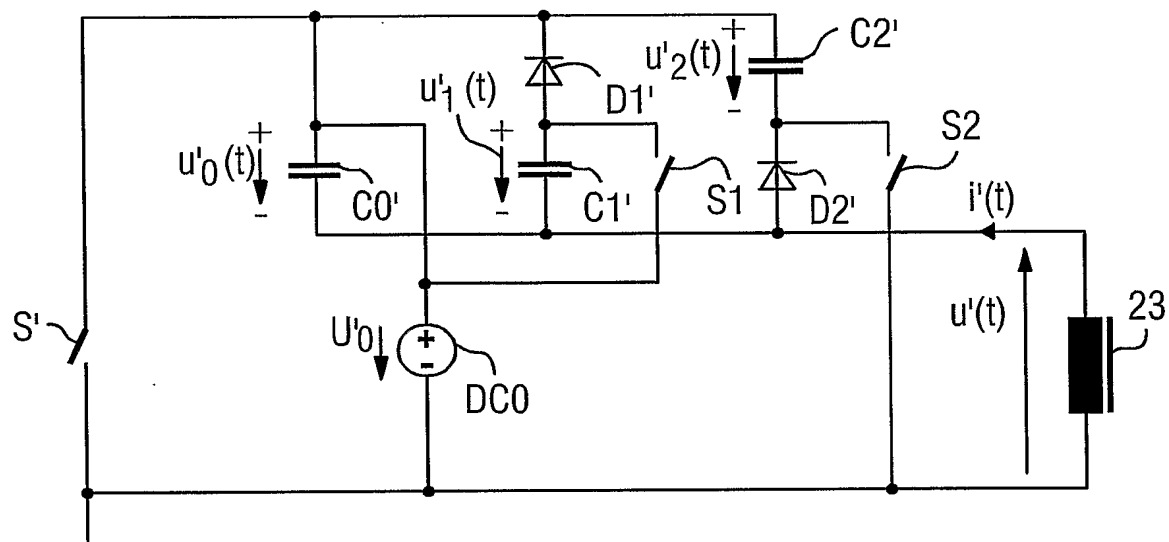
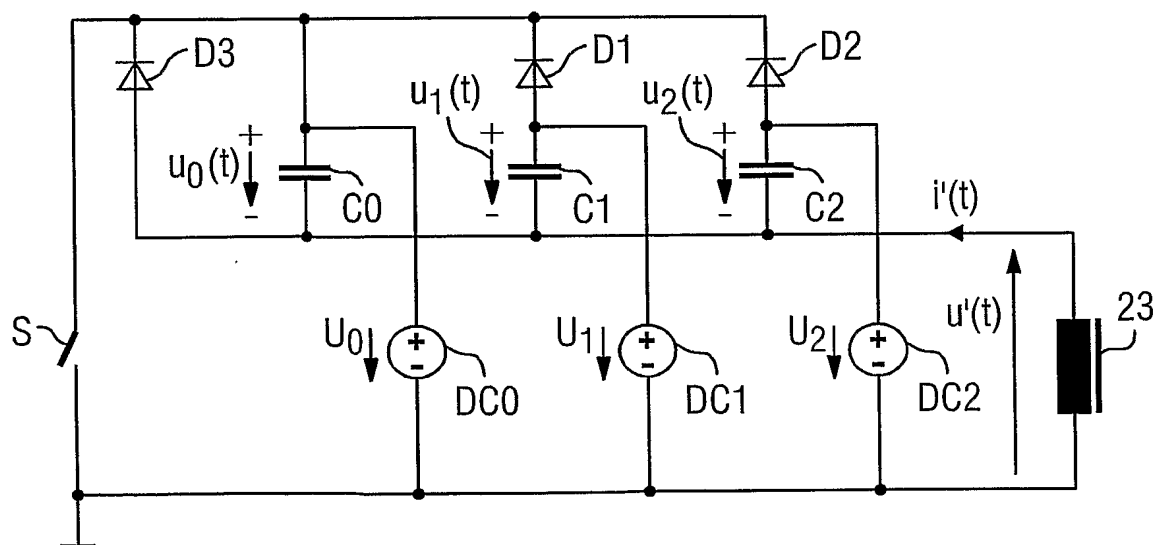
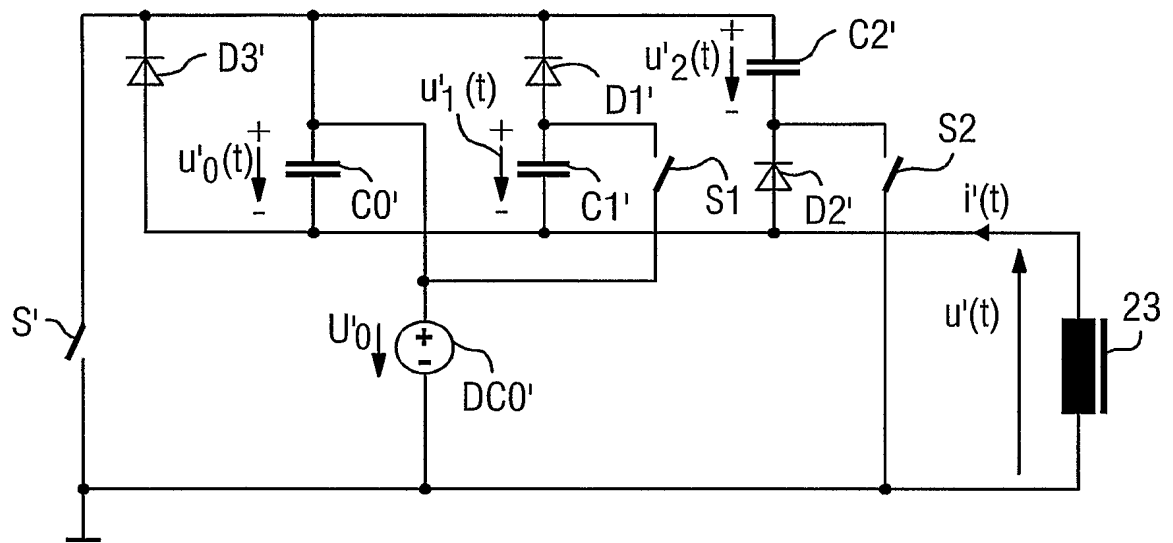


FIG 7



5/5

FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/02017

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B06B1/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B06B G10K A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>DATABASE WPI Section PQ, Week 199328 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class P43, AN 1993-225453 XP002259249 -& SU 1 747 188 A (SHIP ELEC ENG TECHN INST), 15 July 1992 (1992-07-15) abstract</p>	1-3, 7, 8
X	<p>DE 198 14 331 A (DORNIER MEDTECH HOLDING INTERN) 14 October 1999 (1999-10-14) column 2, line 9 - line 46; figure 1</p>	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 October 2003

Date of mailing of the international search report

10/11/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Häusser, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/02017

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
SU 1747188	A	15-07-1992	SU	1747188 A1	15-07-1992
DE 19814331	A	14-10-1999	DE	19814331 A1	14-10-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B06B1/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B06B G10K A61B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>DATABASE WPI Section PQ, Week 199328 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class P43, AN 1993-225453 XP002259249 -& SU 1 747 188 A (SHIP ELEC ENG TECHN INST), 15. Juli 1992 (1992-07-15) Zusammenfassung</p>	1-3,7,8
X	<p>DE 198 14 331 A (DORNIER MEDTECH HOLDING INTERN) 14. Oktober 1999 (1999-10-14) Spalte 2, Zeile 9 - Zeile 46; Abbildung 1</p>	1-3



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

27. Oktober 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/11/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Häusser, T

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
SU 1747188	A	15-07-1992	SU	1747188 A1	15-07-1992
DE 19814331	A	14-10-1999	DE	19814331 A1	14-10-1999

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT/DE2003/002017



PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 2002P08418WO	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE2003/002017	International filing date (day/month/year) 16 June 2003 (16.06.2003)	Priority date (day/month/year) 28 June 2002 (28.06.2002)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC B06B 1/02		
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1.	This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2.	This REPORT consists of a total of <u>5</u> sheets, including this cover sheet. <input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT). These annexes consist of a total of <u>8</u> sheets.
3.	This report contains indications relating to the following items: I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 19 November 2003 (19.11.2003)	Date of completion of this report 21 September 2004 (21.09.2004)
Name and mailing address of the IPEA/EP Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE2003/002017

I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application:*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:
pages _____ 5-11 _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____ 1-4, 4a, 4b _____, filed with the letter of _____ 22 April 2004 (22.04.2004)
- ☒ the claims:
pages _____, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
pages _____, filed with the demand
pages _____ 1-10 _____, filed with the letter of _____ 22 April 2004 (22.04.2004)
- ☒ the drawings:
pages _____ 1/5-5/5 _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search.(under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/DE 03/02017

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-10	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-10	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-10	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

Reference is made to the following documents:

D1: DE 198 14 331 A (DORNIER MEDTECH)

14 October 1999 (1999-10-14)

D2: SU 1 747 188 A (SHIP ELEC ENG TECHN INST)

15 July 1992 (1992-07-15)

The subject matter of the invention is an electric circuit for an electromagnetic source for generating acoustic waves (independent claim 1).

The closest prior art is represented by D1, which discloses (the references in parentheses are to this document) an electric circuit for an electromagnetic source (10) for generating acoustic waves, wherein the electric circuit comprises a capacitor (C1) that is connected in parallel to a series circuit comprising a second capacitor (C2) and a valve (7). D1 does not disclose the characterizing features of claim 1:

- (i) that the first valve is connected such that, after the two capacitors have been charged, it remains nonconductive during discharge of the first capacitor as long as the first capacitor is

charged with a greater voltage than the second capacitor and becomes conductive as soon as the charging voltage of the first capacitor, which discharges first, at least substantially equals the charging voltage of the second capacitor, whereby the second capacitor begins to discharge and the two discharging capacitors supply the coil of the electromagnetic source with current.

D2 likewise fails to disclose the features (i).

The subject matter of claim 1 is therefore novel (PCT Article 33(2)).

The problem addressed by the invention is that of enabling the properties of the acoustic waves to be varied.

The problem is solved by the features (i), which permit the capacitance of the electric circuit to be arranged so as to be variable in relation to time, whereby the waveform of the current flowing through the coil of the electromagnetic source and thus, in turn, the properties of the acoustic waves generated are likewise variable. Neither D1 nor D2 suggests to a person skilled in the art solving the above-indicated problem by the features (i).

The solution to this problem proposed in claim 1 of the present application therefore involves an inventive step (PCT Article 33(3)).

Claims 2-10 are dependent on claim 1 and therefore likewise meet the PCT requirements for novelty and inventive step.